

(12) NACH DEM VERTRAG ÜBER DIE INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES
PATENTWESENS (PCT) VERÖFFENTLICHTE INTERNATIONALE ANMELDUNG

(19) Weltorganisation für geistiges Eigentum
Internationales Büro



(43) Internationales Veröffentlichungsdatum
9. Juni 2005 (09.06.2005)

PCT

(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 2005/052450 A1

(51) Internationale Patentklassifikation⁷: **F23N 5/00**,
F02C 9/28, 7/22

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP2004/053039

(22) Internationales Anmeldedatum:
22. November 2004 (22.11.2004)

(25) Einreichungssprache: Deutsch

(26) Veröffentlichungssprache: Deutsch

(30) Angaben zur Priorität:
03027392.4 27. November 2003 (27.11.2003) EP

(71) Anmelder (für alle Bestimmungsstaaten mit Ausnahme von
US): **SIEMENS AKTIENGESELLSCHAFT** [DE/DE];
Wittelsbacherplatz 2, 80333 München (DE).

(72) Erfinder; und

(75) Erfinder/Anmelder (nur für US): **DEUKER, Eberhard**
[DE/DE]; Elly-Heuss-Knapp-Str. 29, 45481 Mülheim
(DE).

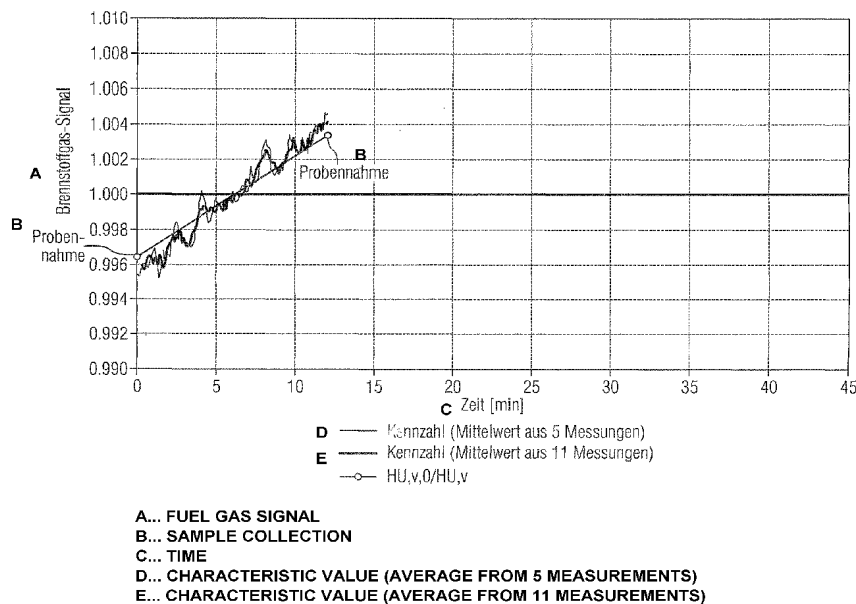
(74) Gemeinsamer Vertreter: **SIEMENS AKTIENGE-
SELLSCHAFT**; Postfach 22 16 34, 80506 München
(DE).

(81) Bestimmungsstaaten (soweit nicht anders angegeben, für
jede verfügbare nationale Schutzrechtsart): AE, AG, AL,
AM, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BR, BW, BY, BZ, CA, CH,
CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DZ, EC, EE, EG, ES,
FI, GB, GD, GE, GH, GM, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE,
KG, KP, KR, KZ, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LV, MA, MD,
MG, MK, MN, MW, MX, MZ, NA, NI, NO, NZ, OM, PG,
PH, PL, PT, RO, RU, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SY, TJ, TM,
TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, YU, ZA, ZM,
ZW.

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

(54) Title: METHOD FOR DETERMINING FLUCTUATING FUEL PROPERTIES DURING THE OPERATION OF A POWER
PLANT

(54) Bezeichnung: VERFAHREN ZUR ERMITTLUNG SCHWANKENDER BRENNSTOFFEIGENSCHAFTEN WÄHREND
DES BETRIEBS EINER KRAFTWERKSANLAGE



(57) Abstract: The invention relates to a method for detecting fluctuating fuel properties (Hu) during the operation of a power plant. According to the inventive method, the actual operating characteristics (P, m, V, p, T) of the power plant are used to determine the efficiency (η) of the power plant and a change in fuel properties (Hu) is concluded from a temporal change in the efficiency (η) so determined.

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

WO 2005/052450 A1



(84) **Bestimmungsstaaten** (soweit nicht anders angegeben, für jede verfügbare regionale Schutzrechtsart): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LS, MW, MZ, NA, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), eurasisches (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), europäisches (AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HU, IE, IS, IT, LU, MC, NL, PL, PT, RO, SE, SI, SK, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

Veröffentlicht:

— mit internationalem Recherchenbericht

Zur Erklärung der Zweibuchstaben-Codes und der anderen Abkürzungen wird auf die Erklärungen ("Guidance Notes on Codes and Abbreviations") am Anfang jeder regulären Ausgabe der PCT-Gazette verwiesen.

(57) **Zusammenfassung:** Erfindungsgemäß wird ein Verfahren zur Ermittlung schwankender Brennstoffeigenschaften (Hu) während des Betriebs einer Kraftwerksanlage angegeben, bei dem anhand von aktuellen Betriebsparametern (P, m, V, p, T) der Kraftwerksanlage ein Wirkungsgrad (η) für die Kraftwerksanlage ermittelt wird und aufgrund einer zeitlichen Veränderung des derart ermittelten Wirkungsgrad (η) auf eine Änderung der Brennstoffeigenschaften (Hu) geschlossen wird.

Beschreibung

Verfahren zur Ermittlung schwankender Brennstoffeigenschaften während des Betriebs einer Kraftwerksanlage

5

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Ermittlung schwankender Brennstoffeigenschaften während des Betriebs einer Kraftwerksanlage.

10 Bei modernen Kraftwerksanlagen, wie beispielsweise Hochtemperaturgasturbinen, die mit Erdgas betrieben werden, ist die Umsetzung des Brennstoffs in der Regel auf eine bestimmte Brennstoffzusammensetzung abgestimmt. Hinsichtlich der Zusammensetzung des Brennstoffs werden Kenngrößen, wie die Wobbezahl, der Heizwert und/oder die Normdichte, verwendet, welche
15 innerhalb eines eng spezifizierten Bereichs liegen müssen, um einen sicheren Betrieb der Kraftwerksanlage zu gewährleisten. Die Versorgung von Kraftwerksanlagen ist jedoch oftmals so gestaltet, dass sich die Zusammensetzung des Brennstoffs unter Umständen spontan (innerhalb weniger Minuten oder sogar
20 im Sekundenbereich) deutlich ändern kann. Die für den Brennstoff spezifizierten Grenzen werden dann überschritten und die Kraftwerksanlage kann unter Umständen nicht mehr stabil betrieben werden.

25

Außerhalb des für den Brennstoff spezifizierten Bereichs kann in der Kraftwerksanlage insbesondere die Verbrennung instabil werden, was beispielsweise zu Teillastabwürfen oder sogar zum Schnellschluss über die Schutzeinrichtungen einer Gasturbine
30 führen kann.

35

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, ein Verfahren bereitzustellen, mittels dem schwankende Brennstoffeigenschaften auch während des Betriebs einer Kraftwerksanlage ohne nennenswerten Zusatzaufwand ermittelt werden können. Die Ermittlung sollte möglichst zeitnah erfolgen, so dass entspre-

chend Gegenmaßnahmen, wie z.B. ein Nachregeln einer Pilotgasmenge, ergriffen werden können.

Die Aufgabe ist erfindungsgemäß mit einem Verfahren zur Ermittlung schwankender Brennstoffeigenschaften während des Betriebs einer Kraftwerksanlage gelöst, bei dem anhand von aktuellen Betriebsparametern der Kraftwerksanlage ein Wirkungsgrad für die Kraftwerksanlage ermittelt wird und aufgrund einer zeitlichen Veränderung des derart ermittelten Wirkungsgrades auf eine Änderung der Brennstoffeigenschaften geschlossen wird.

Die Erfindung basiert auf dem Grundgedanken, dass der Wirkungsgrad moderner Kraftwerksanlagen im Wesentlichen unabhängig von einer Änderung der Zusammensetzung des darin verarbeiteten Brennstoffs ist. Ferner werden bei modernen Kraftwerksanlagen im Wesentlichen die Größen, die zur Berechnung des Wirkungsgrades notwendig sind, alle bereits betrieblich erfasst. Indem ein (fiktiver bzw. Referenz-) Wirkungsgrad der Kraftwerksanlage nun beispielsweise kontinuierlich aus den betrieblichen Messwerten errechnet wird, kann eine zeitliche Veränderung dieses errechneten Wirkungsgrades ermittelt werden. Ändert sich der errechnete Wirkungsgrad mit der Zeit, so müssen sich die Brennstoffeigenschaften geändert haben, und man kann angeben, wie groß deren Änderung ist.

Das erfindungsgemäße Verfahren ermöglicht es also, dass man z.B. anhand von betrieblichen Messgrößen, die zum normalen Messumfang jeder Gasturbine gehören, Änderungen in der Zusammensetzung des darin verarbeiteten Brenngases erkennen kann. Daher kann erfindungsgemäß eine Gasturbine in einem größeren Bereich bzw. einer größeren Bandbreite von Brennstoffen betrieben werden. Ferner ist der Betrieb der Gasturbine bzw. einer Kraftwerksanlage auch bei einer plötzlichen Änderung der Zusammensetzung des zugehörigen Brennstoffs sichergestellt. Das Erkennen der Änderung der Brennstoff- bzw. Gaseigenschaften eröffnet nämlich die Möglichkeit, mit einer Ände-

rung verbrennungstechnischer Setup-Parameter (z.B. Brenn-
stoffmenge für Pilotbrenner, Brennkammertemperatur etc.) die
Auswirkung der Brennstoffänderung zu kompensieren und so den
stabilen Gasturbinenbetrieb sicherzustellen.

5

Bei einer vorteilhaften Weiterbildung des erfindungsgemäßen
Verfahrens wird als aktueller Betriebsparameter mindestens
ein Element aus der Gruppe Leistung der Kraftwerksanlage,
Massenstrom des Brennstoffs, Volumenstrom des Brennstoffs,
10 Druck des Brennstoffs und Temperatur des Brennstoffs ermit-
telt.

15

Diese aktuellen Betriebsparameter können mit vergleichsweise
geringem Aufwand während des Betriebs einer Kraftwerksanlage
bestimmt werden und führen, wie nachfolgend genauer darge-
stellt werden wird, bei entsprechender Auswertung zu einer
präzisen Ermittlung von Änderungen der Brennstoffeigenschaf-
ten.

20

Für die erfindungsgemäße Ermittlung des Wirkungsgrades der
Kraftwerksanlage wird vorteilhaft direkt der Massenstrom des
in der Kraftwerksanlage verarbeiteten Brennstoffs erfasst.

25

Alternativ können zur Ermittlung des Wirkungsgrades der Volu-
menstrom des Brennstoffs, dessen Druck und dessen Temperatur,
insbesondere unter Vernachlässigung des Realgasfaktors bei
gasförmigem Brennstoff erfasst werden. Die Erfassung des Vo-
lumenstroms geschieht dabei vorteilhaft mit einem Turbinrad-
zähler, Ultraschallzähler oder einem Wirbelzähler. Die erfin-
dungsgemäße Ermittlung des Wirkungsgrades der Kraftwerksanla-
ge kann ferner vorteilhaft durch Messung von Differenzdruck,
sowie Druck und Temperatur des Brennstoffs, wiederum insbe-
sondere unter Vernachlässigung des Realgasfaktors bei gasför-
migem Brennstoff, erfolgen. Differenzdruck und Druck des gas-
förmigen Brennstoffs können beispielsweise an einer Blende
35 ermittelt werden.

Mit dem erfindungsgemäßen Verfahren können Veränderungen verschiedenster Brennstoffeigenschaften ermittelt werden. Vorteilhaft kann eine Änderung des massenbezogenen Heizwerts des Brennstoffs ermittelt werden, welcher eine wichtige Aussage
5 über die Zusammensetzung des Brennstoffs darstellt, so dass während des Betriebs der Kraftwerksanlage entsprechende Korrekturen in der Brennstoffversorgung erfolgen können.

10 Ferner kann mit dem erfindungsgemäßen Verfahren vorteilhaft auf eine Änderung des volumenbezogenen Heizwerts des Brennstoffs rückgeschlossen werden.

Darüber hinaus können erfindungsgemäß auch Änderungen des Wobbeindex eines gasförmigen Brennstoffs ermittelt werden,
15 in dem Aussagen über die Normdichte und den volumenbezogenen Heizwert eines gasförmigen Brennstoffs zusammengefasst sind.

Bei dem erfindungsgemäßen Verfahren wird ferner vorteilhaft die zeitliche Veränderung des Wirkungsgrades bezogen auf einen Referenzbetriebszustand ermittelt, zu dem als Referenzgrößen der Heizwert und/oder die Normdichte des Brennstoffs ermittelt werden. Diese Referenzgrößen werden dann bei der nachfolgenden betriebsbegleitenden Ermittlung eines Wirkungsgrades konstant gesetzt und es wird geprüft, ob dieser "fiktive" Wirkungsgrad sich ändert. Da Änderungen der Brennstoffeigenschaften in Wirklichkeit nahezu keinen Einfluss auf den Wirkungsgrad einer Kraftwerksanlage haben, wird an einer Veränderung des "fiktiven" Wirkungsgrades erkannt, dass sich der Heizwert und/oder die Normdichte des Brennstoffs gegenüber
30 dem Referenzbetriebszustand geändert haben müssen. Ferner kann aus einer errechneten Abweichung zwischen dem Wirkungsgrad zum Referenzbetriebszustand und dem "fiktiven" Wirkungsgrad abgeleitet werden, wie groß die Änderung von Heizwert und Normdichte ist. Die genannten Referenzgrößen können insbesondere durch eine gleitende Mittelwertbildung während des Betriebs der Kraftwerksanlage ermittelt werden. Diese betriebsbegleitende Ermittlung kann beispielsweise mit einem

Online-Gaschromatographen erfolgen, mit dem zu einem bestimmten Zeitpunkt die Referenzgrößen gemessen werden. Ferner kann mit einem solchen Gaschromatographen während eines stationären Betriebszustands einer Gasturbine eine Vielzahl von Messwerten über beispielsweise einen Zeitraum von ca. 2 Stunden erfasst werden und dann daraus durch Mittelwertbildung auf Referenzgrößen rückgeschlossen werden. Die erfindungsgemäße Änderung der Brennstoffeigenschaften wird vorteilhaft mittels mathematischer Methoden quantifiziert, deren Ergebniswerte dann zum Steuern und Regeln von Korrekturingriffen an der zugehörigen Kraftwerksanlage genutzt werden können. Mit derartigen mathematischen Methoden können ferner aktuelle Betriebsparameter ausgewertet werden, die in insbesondere regelmäßigen Zyklen mit einer Zykluszeit von zirka 0,1 sek bis 60 sek, insbesondere von zirka 1 sek ermittelt werden. Dabei können über mehrere Zyklen, beispielsweise über zirka 5 oder 11 Messzyklen hinweg Mittelwerte der Betriebsparameter gebildet werden. Damit die Ergebnisse des erfindungsgemäßen Verfahrens zur Ermittlung schwankender Brennstoffeigenschaften nicht von unerwünschten Störeinflüssen beeinflusst werden, sollten bei der Ermittlung des Wirkungsgrades insbesondere anhand aktueller Betriebsparameter der Kraftwerksanlage Dämpfungs- und/oder Filterfunktionen berücksichtigt werden.

Nachfolgend wird ein Ausführungsbeispiel eines erfindungsgemäßen Verfahrens zur Ermittlung schwankender Brennstoffeigenschaften während des Betriebs einer Kraftanlage anhand zweier beigefügter beispielhafter schematischer Darstellungen genauer erläutert. Es zeigt:

Fig. 1 ein erstes Diagramm eines Brennstoffgassignals über der Zeit gemäß einem erfindungsgemäßen Verfahren und
Fig. 2 ein zweites Diagramm eines Brennstoffgassignals über der Zeit gemäß dem erfindungsgemäßen Verfahren.

Das erfindungsgemäße Verfahren wird nachfolgend am Beispiel einer Kraftwerksanlage erläutert, die in Form einer Hochtemperaturgasturbine ausgebildet ist.

- 5 Das erfindungsgemäße Verfahren nutzt den Umstand, dass bei solchen Hochtemperaturgasturbinen der Gasturbinenwirkungsgrad nahezu unabhängig von einer Änderung der Gaszusammensetzung ist. Ferner nutzt das Verfahren die Tatsache, dass bei derartigen Hochtemperaturgasturbinen bereits nahezu alle Betriebs-
10 parameter erfasst werden, die zur Berechnung des Wirkungsgrades der Gasturbine notwendig sind. Während des Betriebs solcher Hochtemperaturgasturbinen wird aber üblicherweise der Heizwert und die Normdichte des als Brennstoff zugeführten Gases nicht ständig kontrolliert. Eine solche Kontrolle würde
15 einen Mehraufwand darstellen, der wirtschaftlich nicht zu rechtfertigen wäre.

Gemäß dem nachfolgend erläuterten Ausführungsbeispiel des erfindungsgemäßen Verfahrens werden im Gegensatz zu kostenaufwendigen Messungen von Heizwert und Normdichte Änderungen der
20 Gaseigenschaften, anhand einer Änderung eines errechneten, sozusagen fiktiven Wirkungsgrades ermittelt.

Dieser "fiktive" Wirkungsgrad wird kontinuierlich aus den betrieblichen Messwerten gebildet, wobei für den Heizwert und
25 die Normdichte zeitlich konstante Referenzwerte eingesetzt werden.

Ändert sich nun der errechnete "fiktive" Wirkungsgrad mit der
30 Zeit, so müssen sich die Gaseigenschaften, wie Heizwert und Normdichte, geändert haben, denn nur durch eine entsprechende Anpassung dieser Werte innerhalb der Rechnung des "fiktiven" Wirkungsgrades gelangt man wieder zu dem eigentlichen Wirkungsgrad der Gasturbine, der, wie erwähnt, nahezu unabhängig
35 von Änderungen der Gaszusammensetzung ist und sich demnach nicht ändert.

Durch die Gegenüberstellung des "fiktiven" Wirkungsgrades und des unveränderten, realen Wirkungsgrades kann auch die Größe der Änderungen der Brennstoffeigenschaften, also die Größe der Änderung von Heizwert und Normdichte angegeben werden.

5

Die mathematischen Methoden, die bei der Änderung der Brennstoffeigenschaften genutzt werden, werden nachfolgend erläutert.

10 Bei der erfindungsgemäßen Vorgehensweise werden zunächst die
nachfolgenden grundlegenden Beziehungen genutzt:

$$\eta = \frac{P}{m \cdot Hu_m} \quad Hu_v = \rho_N \cdot Hu_m \quad m = p \cdot V \quad \rho = \rho_N \frac{p}{p_N} \frac{T_N}{T} \frac{z_N}{z} \quad (1) - (4)$$

15	?	Wirkungsgrad der Gasturbine
	P	Leistung
	Hu	(unterer) Heizwert des Brennstoffs
		Index V: bezogen auf Normvolumen
		Index m: bezogen auf Masse
20	m	Brennstoffmassenstrom
	V	Brennstoffvolumenstrom
	ρ	Dichte des Brennstoffs
	p	Druck des Brennstoffs
	T	Temperatur des Brennstoffs
25	z	Realgasfaktor des Brennstoffs
	Index N:	Normzustand

Der Wirkungsgrad einer Gasturbine, an der das erfindungsgemä-
30 ße Verfahren ausgeführt wird, ist, wie erwähnt, im Wesentli-
chen unabhängig von den Brennstoffeigenschaften des zugeführ-
ten Brenngases. Der Wirkungsgrad ist jedoch sehr wohl von
verschiedenen, leicht messbaren Größen abhängig, welche im
Wesentlichen die Leistung der Gasturbine und die Umgebungs-
35 temperatur sind. Ferner ist der funktionale Zusammenhang zwi-

schen dem Wirkungsgrad und diesen, leicht messbaren Größen bekannt.

- 5 Erfindungsgemäß wird nun ein Bezugszustand "0" eingeführt, an dem sich gemäß der oben genannten Gleichung (1) ein Wirkungsgrad von

$$\eta_0 = \frac{P_0}{m_0 \cdot Hu_{m,0}} \quad (5)$$

bei einer Art Referenzbetriebszustand ergibt.

- 10 Setzt man diesen Referenzbetriebszustand in Bezug zu einem aktuellen Betriebszustand so ergibt sich die nachfolgende Gleichung:

$$\frac{m \cdot Hu_m}{m_0 \cdot Hu_{m,0}} = \frac{P \eta_0}{P_0 \eta} \quad (6)$$

15

Innerhalb dieser Gleichung kann nun während des Betriebs der Gasturbine kontinuierlich der Brennstoffmassenstrom m ermittelt bzw. gemessen werden und es kann ferner auch die von der Gasturbine abgegebene Leistung leicht ermittelt werden.

20

Der Brennstoffmassenstrom m kann insbesondere nach drei verschiedenen Prinzipien gemessen werden:

- 25 Gemäß einem ersten Prinzip kann der Massenstrom beispielsweise mittels eines Corioliszählers direkt erfasst werden.

- Bei einem zweiten Prinzip wird mit Hilfe eines Turbinenradzählers, eines Ultraschallzählers oder eines Wirbelzählers der Massenstrom indirekt durch Erfassung von Betriebsvolumenstrom, Druck und Temperatur des zugeführten Brennstoffs ermittelt. Der Massenstrom errechnet sich dann gemäß der Formel:
- 30

$$m = V \cdot \rho = V \cdot \rho_N \frac{p}{p_N} \frac{T_N}{T} \quad (7)$$

Bei dieser Vorgehensweise wird der Einfluss des Realgasfaktors (z_N/z) vernachlässigt, es wird also angenommen, dass dieser Realgasfaktor sich nur unwesentlich ändert.

5

Gemäß einem dritten Prinzip werden beispielsweise an einer Blende der Differenzdruck, der Druck und die Temperatur des Brennstoffs gemessen. Die gemessenen Werte werden dann in der nachfolgenden Formel berücksichtigt:

10

$$m = K \cdot \sqrt{\Delta p \cdot \rho} = K \cdot \sqrt{\Delta p \cdot \rho_N \frac{p}{p_N} \frac{T_N}{T}} \quad (8)$$

Auch bei dieser Vorgehensweise wird wiederum der Einfluss des Realgasfaktors vernachlässigt ($z_N/z = 1$).

15

Indem eine Änderung des derart ermittelten Brennstoffmassenstroms in die oben genannte Gleichung (6) eingesetzt wird, ergeben sich folgende Möglichkeiten, Änderungen der Gaseigenschaften zu ermitteln. Bei den nachfolgenden Gleichungen (9) bis (11) stehen auf der rechten Seite jeweils die zu messenden Größen sowie die (bekannte) Funktion η/η_0 und auf der linken Seite die daraus abgeleitete Gaseigenschaft.

20

Eine Änderung des massenbezogenen Heizwertes ergibt sich aus:

25

$$\frac{Hu_m}{Hu_{m,0}} = \frac{P}{P_0} \frac{\eta_0}{\eta} \frac{m_0}{m} \quad (9)$$

Eine Änderung des volumenbezogenen Heizwertes ergibt sich aus:

30

$$\frac{Hu_v}{Hu_{v,0}} = \frac{P}{P_0} \frac{\eta_0}{\eta} \frac{V_0}{V} \frac{\rho}{\rho_N} \frac{T_N}{T} \quad (10)$$

Ferner ergibt sich eine Änderung des Wobbeindex aus:

$$\sqrt{\frac{\rho_{n,0}}{\rho_N}} \frac{Hu_V}{Hu_{V,0}} = \frac{P}{P_0} \frac{\eta_0}{\eta} \sqrt{\frac{\Delta p_0}{\Delta p} \frac{p}{p_N} \frac{T_N}{T}} \quad (11)$$

- 5 Der oben genannte Bezugszustand "0" bzw. Referenzbetriebszu-
stand ist grundsätzlich ein beliebiger Zeitpunkt, während dem
verlässliche Daten über den Heizwert bzw. die Normdichte des
zugeführten Brenngases bekannt sind. Als Alternative für ei-
nen solchen "punktuell" ermittelten Referenzzustand, kann
10 beispielsweise durch eine Art gleitende Mittelwertbildung ü-
ber einen Zeitraum von zirka 2 Stunden während eines statio-
nären Betriebszustands der Gasturbine eine Referenz ermittelt
werden. Dabei werden z.B. anhand von Werten aus einem Online-
Gaschromatographen aktualisierte Brennstoffeigenschaften er-
15 fasst und gemittelt.

Ferner können die in den oben aufgeführten Gleichungen ver-
wendeten betrieblichen Messgrößen geeigneten Dämpfungs- bzw.
Filterfunktionen unterzogen werden, damit naturgemäße Schwan-
20 kungen dieser betrieblichen Messgrößen nicht zu einer uner-
wünschten Verfälschung bei der Ermittlung der Brennstoffei-
genschaften führen.

Die betrieblichen Messgrößen werden vorteilhaft mit einer
25 Zykluszeit von ca. 1 sek oder noch kürzer erfasst, wodurch
man Änderungen der Brennstoffeigenschaften praktisch in Echt-
zeit detektieren kann.

Auswertungen des erfindungsgemäßen Verfahrens zur Ermittlung
30 schwankender Brennstoffeigenschaften haben gezeigt, dass mit
diesem Verfahren bereits Heizwert- bzw. Dichteänderungen von
1% deutlich erkannt werden können. Die beiliegenden Diagramme
zeigen Ergebnisse solcher Untersuchungen, bei denen insbeson-
dere mit einem Turbinenradzähler der Volumenstrom des Brenn-
35 stoffs kontinuierlich ermittelt worden ist. Bei den Messungen
ist mit einem Messzyklus von ca. 5 sek und einer gleitenden

Mittelwertbildung über 5 bzw. 11 Werte (siehe dünne Kurve bzw. dicke Kurve) gearbeitet worden. Ferner sind zu den markierten Zeitpunkten Proben entnommen worden, die in einem Gaschromatographen analysiert worden sind (siehe Punktwerte in den Diagrammen).

Die dargestellten Brennstoffgassignale bzw. Kennzahlen stellen den Heizwert des Brennstoffs bezogen auf Normvolumen während des Referenzbetriebszustands im Verhältnis des Heizwerts des Brennstoffs bezogen auf Normvolumen zum Ermittlungszeitpunkt dar ($H_{uV,0}/H_{uV}$). Die Kennzahlen entsprechen demnach dem Kehrwert der linken Seite der oben genannten Gleichung (10).

Die Referenzwerte (Index 0) sind die Mittelwerte über den jeweiligen Versuchszeitraum. Die Analyseergebnisse der Probenentnahme bestätigen den Trend des Kennzahlverlaufs und zeigen dass die Änderung der Heizwerte auf wenige Promille genau erkannt wird.

Patentansprüche

1. Verfahren zur Ermittlung schwankender Brennstoffeigenschaften (H_u , η) während des Betriebs einer Kraftwerksanlage, dadurch gekennzeichnet, dass
- 5 anhand von aktuellen Betriebsparametern (P , m , V , p , T) der Kraftwerksanlage ein Wirkungsgrad (η) für die Kraftwerksanlage ermittelt wird und aufgrund einer zeitlichen Veränderung des derart ermittelten Wirkungsgrades (η) auf eine Änderung
- 10 der Brennstoffeigenschaften (H_u , η) geschlossen wird.
2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass
- als aktuelle Betriebsparameter (P , m , V , p , T) mindestens ein
- 15 Element aus der Gruppe Leistung (P) der Kraftwerksanlage, Massenstrom (m) des Brennstoffs, Volumenstrom (V) des Brennstoffs, Druck (p) des Brennstoffs und Temperatur (T) des Brennstoffs ermittelt wird.
- 20 3. Verfahren nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, dass
- der Wirkungsgrad (η) durch direkte Erfassung des Massenstroms (m) des Brennstoffs ermittelt wird.
- 25 4. Verfahren nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, dass
- der Wirkungsgrad durch Erfassung des Volumenstroms (V), des Drucks (p) und der Temperatur (T) des Brennstoffs, insbesondere unter Vernachlässigung des Realgasfaktors (z), ermittelt
- 30 wird.
5. Verfahren nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, dass
- der Wirkungsgrad durch Messung von Differenzdruck (Δp), Druck
- 35 (p) und Temperatur (T) des Brennstoffs, insbesondere unter Vernachlässigung des Realgasfaktors (z), ermittelt wird.

6. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 5,
dadurch gekennzeichnet, dass
als Änderung der Brennstoffeigenschaft (H_u , ?) auf eine Ände-
rung des massenbezogenen Heizwerts (H_{u_m}) des Brennstoffs ge-
5 schlossen wird.

7. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 6,
dadurch gekennzeichnet, dass
als Änderung der Brennstoffeigenschaft (H_u , ?) auf eine Ände-
10 rung des volumenbezogenen Heizwerts (H_{u_v}) des Brennstoffs ge-
schlossen wird.

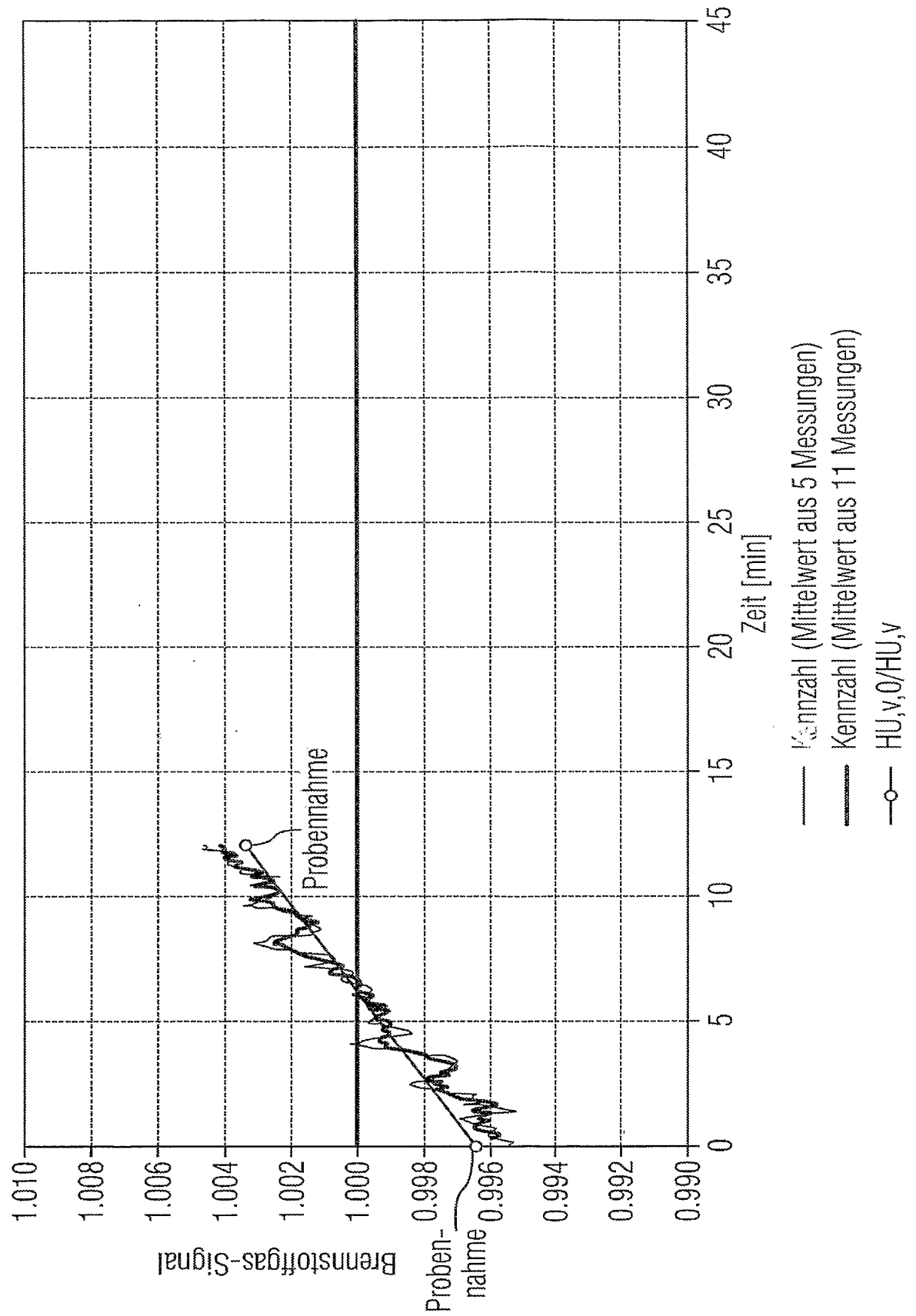
8. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 7,
dadurch gekennzeichnet, dass
15 als Änderung der Brennstoffeigenschaft (H_u , ?) auf eine Ände-
rung des Wobbeindex ($\sqrt{\frac{\rho_{N,0}}{\rho_N} \frac{H_{u_v}}{H_{u_{v,0}}}}$) geschlossen wird.

9. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 8,
dadurch gekennzeichnet, dass die zeitlichen Veränderung des
20 Wirkungsgrades (η) bezogen auf einen Referenzbetriebszustand
(0) ermittelt wird, zu dem als Referenzgrößen der Heizwert
(H_{u_0}) und/oder die Normdichte (ρ_0) des Brennstoffs ermittelt
werden, wobei die Ermittlung der Referenzgrößen (H_{u_0} ; ρ_0)
insbesondere durch eine gleitende Mittelwertbildung während
25 des Betriebs der Kraftwerksanlage erfolgt.

10. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 9,
dadurch gekennzeichnet, dass
die Änderung der Brennstoffeigenschaften (H_u , ?) mittels ma-
30 thematischer Methoden quantifiziert wird.

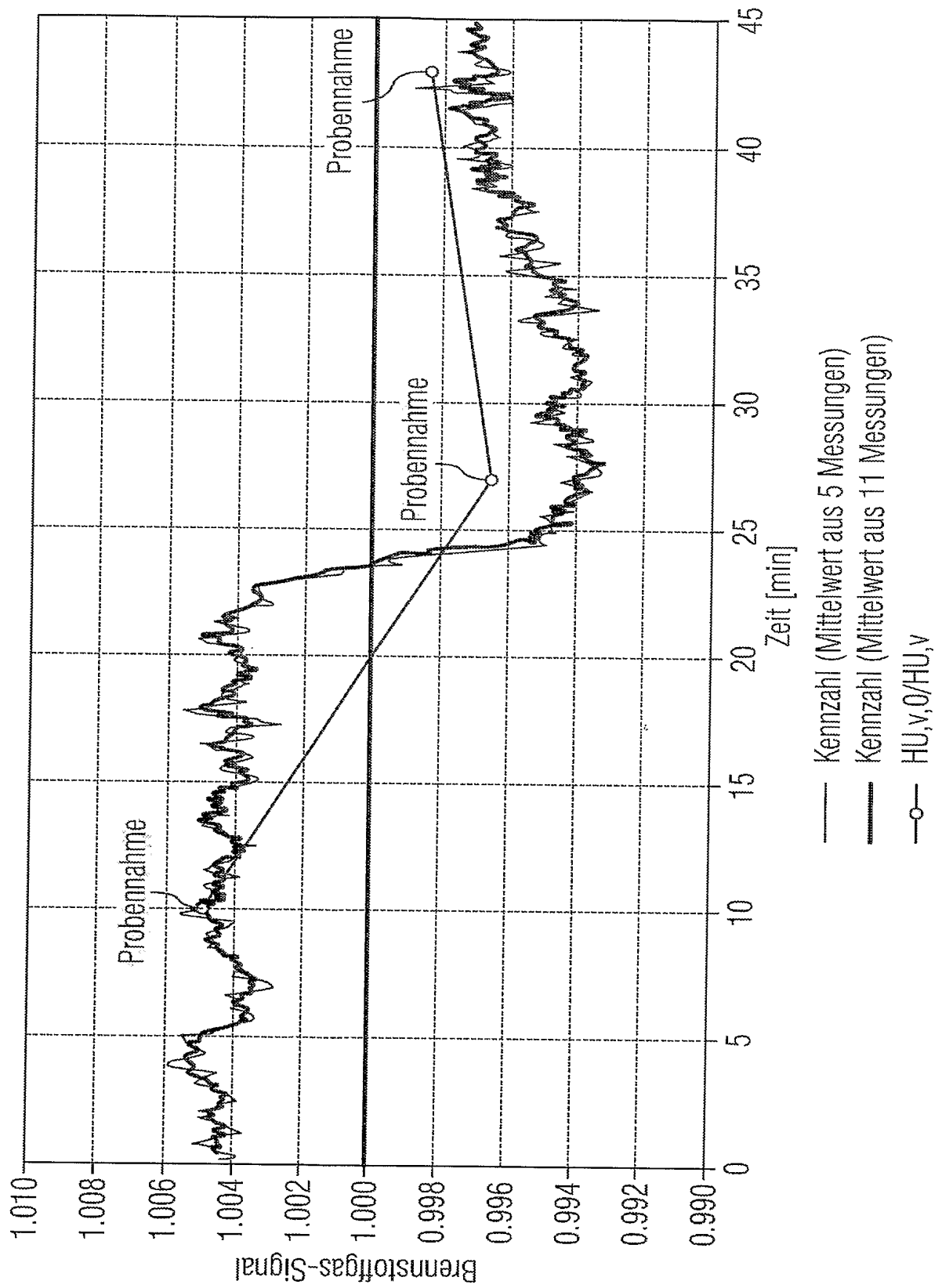
1/2

FIG 1



2/2

FIG 2



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No
PCT/EP2004/053039

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

IPC 7 F23N5/00 F02C9/28 F02C7/22

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

IPC 7 F02C F23N

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practical, search terms used)

EPO-Internal, WPI Data

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	EP 1 118 857 A (GENERAL ELECTRIC COMPANY) 25 July 2001 (2001-07-25) paragraphs '0005!, '0006!, '0009!, '0010!, '0013!, '0016! - '0018!, '0026!, '0035!, '0036!; figure 3	1-7, 10
X	PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 006, no. 153 (M-149), 13 August 1982 (1982-08-13) -& JP 57 070321 A (HITACHI LTD), 30 April 1982 (1982-04-30) abstract; figure 1	1, 10
A	US 5 486 107 A (BONNE ET AL) 23 January 1996 (1996-01-23) column 1, line 39 - column 10, line 21 ----- -/--	2-8

☒ Further documents are listed in the continuation of box C.

☒ Patent family members are listed in annex.

* Special categories of cited documents:

- *A* document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance
- *E* earlier document but published on or after the international filing date
- *L* document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)
- *O* document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means
- *P* document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

- *T* later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
- *X* document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
- *Y* document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art.
- *&* document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

2 March 2005

Date of mailing of the international search report

10/03/2005

Name and mailing address of the ISA
European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2
NL - 2280 HV Rijswijk
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,
Fax: (+31-70) 340-3016

Authorized officer

Teusch, R

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No
PCT/EP2004/053039

C.(Continuation) DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category °	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	<p>US 4 659 306 A (ALTEMARK ET AL) 21 April 1987 (1987-04-21) column 5, lines 30-41 -----</p>	2,8

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International Application No

PCT/EP2004/053039

Patent document cited in search report		Publication date	Patent family member(s)	Publication date
EP 1118857	A	25-07-2001	US 6312154 B1	06-11-2001
			EP 1118857 A2	25-07-2001
			JP 2001221066 A	17-08-2001
JP 57070321	A	30-04-1982	NONE	
US 5486107	A	23-01-1996	EP 0554095 A2	04-08-1993
US 4659306	A	21-04-1987	DE 3408397 A1	19-09-1985
			DE 3573828 D1	23-11-1989
			EP 0156200 A1	02-10-1985
			JP 61006513 A	13-01-1986

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Internationales Aktenzeichen
PCT/EP2004/053039

A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES
IPK 7 F23N5/00 F02C9/28 F02C7/22

Nach der Internationalen Patentklassifikation (IPK) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPK

B. RECHERCHIERTE GEBIETE

Recherchierter Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole)
IPK 7 F02C F23N

Recherchierte aber nicht zum Mindestprüfstoff gehörende Veröffentlichungen, soweit diese unter die recherchierten Gebiete fallen

Während der internationalen Recherche konsultierte elektronische Datenbank (Name der Datenbank und evtl. verwendete Suchbegriffe)

EPO-Internal, WPI Data

C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
X	EP 1 118 857 A (GENERAL ELECTRIC COMPANY) 25. Juli 2001 (2001-07-25) Absätze '0005!', '0006!', '0009!', '0010!', '0013!', '0016!' - '0018!', '0026!', '0035!', '0036!; Abbildung 3	1-7, 10
X	PATENT ABSTRACTS OF JAPAN Bd. 006, Nr. 153 (M-149), 13. August 1982 (1982-08-13) -& JP 57 070321 A (HITACHI LTD), 30. April 1982 (1982-04-30) Zusammenfassung; Abbildung 1	1, 10
A	US 5 486 107 A (BONNE ET AL) 23. Januar 1996 (1996-01-23) Spalte 1, Zeile 39 - Spalte 10, Zeile 21	2-8
-/--		

☒ Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen

☒ Siehe Anhang Patentfamilie

* Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen :

A Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert, aber nicht als besonders bedeutsam anzusehen ist

E älteres Dokument, das jedoch erst am oder nach dem internationalen Anmeldedatum veröffentlicht worden ist

L Veröffentlichung, die geeignet ist, einen Prioritätsanspruch zweifelhaft erscheinen zu lassen, oder durch die das Veröffentlichungsdatum einer anderen im Recherchenbericht genannten Veröffentlichung belegt werden soll oder die aus einem anderen besonderen Grund angegeben ist (wie ausgeführt)

O Veröffentlichung, die sich auf eine mündliche Offenbarung, eine Benutzung, eine Ausstellung oder andere Maßnahmen bezieht

P Veröffentlichung, die vor dem internationalen Anmeldedatum, aber nach dem beanspruchten Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist

T Spätere Veröffentlichung, die nach dem internationalen Anmeldedatum oder dem Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist und mit der Anmeldung nicht kollidiert, sondern nur zum Verständnis des der Erfindung zugrundeliegenden Prinzips oder der ihr zugrundeliegenden Theorie angegeben ist

X Veröffentlichung von besonderer Bedeutung, die beanspruchte Erfindung kann allein aufgrund dieser Veröffentlichung nicht als neu oder auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden

Y Veröffentlichung von besonderer Bedeutung, die beanspruchte Erfindung kann nicht als auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren anderen Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann naheliegend ist

Z Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist

Datum des Abschlusses der internationalen Recherche

2. März 2005

Absendedatum des internationalen Recherchenberichts

10/03/2005

Name und Postanschrift der Internationalen Recherchenbehörde
Europäisches Patentamt, P.B. 5818 Patentlaan 2
NL - 2280 HV Rijswijk
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,
Fax: (+31-70) 340-3016

Bevollmächtigter Bediensteter

Teusch, R

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Internationales Aktenzeichen
PCT/EP2004/053039

C.(Fortsetzung) ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie°	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
A	<p>US 4 659 306 A (ALTEMARK ET AL.) 21. April 1987 (1987-04-21) Spalte 5, Zeilen 30-41 -----</p>	2,8

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP2004/053039

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument		Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie			Datum der Veröffentlichung
EP 1118857	A	25-07-2001	US	6312154 B1		06-11-2001
			EP	1118857 A2		25-07-2001
			JP	2001221066 A	.	17-08-2001
<hr/>						
JP 57070321	A	30-04-1982	KEINE			
<hr/>						
US 5486107	A	23-01-1996	EP	0554095 A2		04-08-1993
<hr/>						
US 4659306	A	21-04-1987	DE	3408397 A1		19-09-1985
			DE	3573828 D1		23-11-1989
			EP	0156200 A1		02-10-1985
			JP	61006513 A		13-01-1986
<hr/>						